

II Ady Mann教授（イスラエル工科大学、イスラエル）の短期招請について

法学部教授 中村 孔一

1999 年度の国際交流基金による短期招聘外国人研究者として来学されたアディ・マン教授の本学における講演および招請者との共同研究活動について報告します。

マン教授は、イスラエルのヘブライ大学で Ph.D. を取得し、インディアナ大学（アメリカ）やオックスフォード大学（イギリス）で reaserch associate として研究生活を送った後、イスラエルに戻りイスラエル工科大学（Technion）に職を得、現在は同大学の物理学科の教授として研究・教育に携わっている。教授は、量子多体系の理論、量子力学の観測の理論、コヒーレント状態の理論などの量子物理学の基本的な問題について、単著、共著あわせて 100 を越える論文を国際的な学術誌に発表しているアクティブな理論物理学者である。

マン教授は、滞在中に本学で三つの公開セミナーを行った。いずれも教授の最近の研究成果を中心としたもので、講演のタイトルは次のとおりである：

1. Classical Properties of Generalized Coherent States

10 月 8 日 生田中央校舎 0301 室

2. Three Dimensional Curves and Analitic Solutions for Two-level Quantum Systems

10 月 12 日 生田中央校舎 0301 室

3. Governing Dynamics by Squeezing in a System of Cold Trapped Ions

10 月 22 日 和泉研究棟 自然科学合同研究室

最初の講演では、一般化されたコヒーレント状態とベルの不等式に関するマン教授の最近の研究の結果が示された。量子光学などで重要な役割を果たすコヒーレント状態は、はじめ電磁場について考えられ、光子の消滅演算子の固有状態であるような量子状態として Glauber によって定義された。この状態の群論的な意味に着目して、Peremov らは調和振動子の運動群に限らずより一般のリー群に対してコヒーレント状態を定義した（タイトルの Generalized Coherent States はこのようにして定義された状態を意味する）。この一般的に定義されたコヒーレント状態がベルの不等式を満たす唯一の純粋状態であるというのが、マン教授の講演での主張である。2つの部分系からなる量子系の状態をあらわす状態ベクトルが、それぞれの部分系の状態ベクトルの直積になっている（一般には全系の状態ベクトルは部分系の状態ベクトルの直積では書けなくて、そのような積のいくつかの和の形になる）ときには、この状態はベルの不等式を満足することはよく知られている。Glauber のコヒーレント状態はこの条件を満たす唯一の光子の状態である。それを一般化した Peremov のコヒーレント状態も同様の性質をもつだろうかというのが、マン教授の

問題であり、答えはイエスだという訳である。

議論はやや一般的かつ数学的であったが、量子力学的な系がどれだけ古典力学的な性質を持ちうるかという物理学的に面白い問題に関わる議論であり、当日セミナーに参加した物理学科の教員や大学院生によって、講演後も活発な質疑応答がなされた。

2回目のセミナーは、学部の学生にも参加を呼びかけ、マン教授にも導入部を丁寧にしたわかりやすい講演をお願いした。その意図がどれだけ学生諸君に伝わったかはわからないが、かなりの人数の物理学科の学部学生が熱心に聴講してくれた。講演の内容は、国際交流センター発行の招請外国人研究者講演録（1999 年度 No.4）に収録されているので、詳しくはそちらをご覧ください。可能な状態が2つだけである量子系（2準位量子系）の運動方程式が空間曲線の Frenet-Serret の方程式に似ていることに注目して、物理学に現れるいろいろな2準位量子系を曲線の種類を使って分類し、その解析的な解を探そうという面白いアイデアを示した。

3回目のセミナーのテーマはやや特殊な話題であり、学外からの出席者を含む少数の専門家が集まった討論会的な性格のものになった。セミナーでは、最近の教授の論文（Phys.Rev. A59 p.736 1999）に基づく講演がなされた。レーザー冷却によって極低温になったイオン気体を調和振動子型のポテンシャルに閉じこめた系を考えると、振動のモードの自由度と内部運動の自由度（イオンの電子レベルの自由度）との相互作用によって、一般には系の時間発展は複雑になる。この論文の主張は、初期状態としてそれぞれの自由度のスクイズド状態の直積を取ると、系の時間発展は初期状態のスクイズイング・パラメタで記述できるということである。特に、それぞれのスクイズイングの強さが等しくなるように初期状態を設定すると、二つの自由度の間の相互作用が実質的に消えてしまうという面白い結論が導かれる。問題にしている系のスクイズド状態が実験的にまだ実現していない現状では、この論文の結論は理論的興味にとどまっているが、量子計算機などの問題と関連して、重要な知見であると考えらる。

マン教授は招請プログラムによる1ヶ月の滞在の後も、客員研究員としてひきつづき本学に滞在し、中村との共同研究を行った。有限温度の場合の Casimir 効果の理論というのが私たちの研究テーマであった。このテーマをマン教授と共同で研究しようと考えたのは次のような事情による。1997 年にマン教授たちは「Casimir's Entropy (J.Phys. A30 p7783)」という論文を発表して、Casimir 効果の有限温度への拡張を議論している。元々の Casimir による議論は、真空中の電磁場の量子的な揺らぎによるエネルギー（いわゆるゼロ点振動のエネルギー）を計算し、その微分として Casimir 力と呼ばれる力を導出するものだった。この議論は温度ゼロを前提にしている。一般に、力学的な力は内部エネルギーの微分ではなく、エントロピーを含む自由エネルギーを微分しなければならないことはよく知られている。そこで、Casimir の議論を温度がゼロでない場合に拡張するには、ゼロ点振動のエネルギーだけでなく、エントロピー項をつけたして自由エネルギーを求め

る必要がある。上記の論文でマン教授たちはその議論をしている。

一方、中村は学習院大学の江沢洋教授、明星大学の渡辺敬二教授と共同で Casimir 力を Casimir とは違った方法で導くことに成功した（この結果は 1997 年に Malaysia で開催された国際会議で報告した）。そこでは、電磁場の量子揺らぎによって誘導される電荷と電流を求めそれに働く電磁場からの力を計算することで Casimir と同じ結果が得られた。この方法は、エネルギーの計算を含んでいないので、エントロピーなどということを考える必要はなく、そのまま真空期待値を温度平均で置き換えるだけで、マン教授たちの結果が出てくるのではないかと予想される。

これが共同研究をしようと考えた動機である。確かに 2 ヶ月近く議論を重ねた結果、予想されたような結論を得ることに成功した。結果は共著の論文にすべく現在準備しているところである。

私自身は、共同研究の成果も含めて、たくさんの研究上の有益な示唆をマン教授の来学によって得ることが出来たが、上記の三つの講演が本学の他の物理研究者や学生諸君にも深い興味と研究上の刺激を与えてくれたものと確信する。

マン教授夫妻は、これまでも何回か日本を訪れており、二人とも日本の熱狂的なファンである。夫人はハイファ大学で日本語の初級講座を履修していて、今回の来日を日本語の勉強のよい機会だと楽しみにしておられた。教授も日本の歴史などをよくご存知で、和泉校舎の前の道路を甲州街道だと説明すると、それではこの道を行くと武田信玄の城に行くのかと、びっくりするような知識をお持ちだった。

最後に、マン教授の招請の実現を可能にして下さった国際交流センターの援助に深く感謝いたします。